

ROYA ASIÁTICA DE LA SOJA: SITUACIÓN EN LA PROVINCIA DE SANTA FE - CICLO 03/04

Colaboraron con este informe técnicos regionales de cooperativas y actividad privada: R. Wright y F. Echeverría. Coordinación sobre criterios de caracterización morfológica y cuantificación de la enfermedad: Doc.-Inv. Prof. M. Carmona, M. Gally (FA-UBA) y Dra. S. López (FCEyN-UBA). Los resultados obtenidos en la zona centro de Santa Fe - obtenidos por Proyecto Riia y FA-UNL

La Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Rosario, enclavada en la principal zona de producción agrícola de Argentina ha generado equipos de docentes-investigadores de distintas disciplinas que trabajan en la investigación básica y el desarrollo tecnológico relacionados con aspectos ecofisiológicos, patológicos y de control de plagas en cultivos extensivos, desde hace más de tres décadas.

Dada la importancia del cultivo de la soja en la Argentina, y que la zona de influencia de la FCA-UNR corresponde a la zona núcleo de producción de este cultivo, desde hace siete años se aunaron esfuerzos de investigadores de las especialidades de Fisiología Vegetal y Fitopatología para conformar un grupo interdisciplinario dedicado al estudio biológico, molecular y patogénico de la interacción planta-patógeno en soja. La producción científica de este grupo ha sido publicada en revistas internacionales de alto impacto y difundida además localmente por distintos medios. Sobre la base de la experiencia acumulada en el estudio de la interacción planta-patógeno en el cultivo de la soja, y ante la amenaza creciente planteada por la enfermedad conocida como roya asiática de la soja, este grupo se amplió recientemente integrando a otras disciplinas del área de Protección Vegetal de la FCA-UNR, y Climatología Agrícola, para el abordaje integrado de diversas líneas de trabajo relacionadas con el estudio de esta enfermedad.

La enfermedad conocida como Roya de la Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) puede ser causada por el hongo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow, de origen asiático y por *P. meibomiae* (Arthur) Arthur, nativa del continente americano. El correcto diagnóstico y la aplicación efectiva de estrategias de manejo de esta enfermedad requieren conocer las características morfológicas, patogénicas, epidemiológicas y condiciones agroclimáticas favorables a la expresión de esta interacción planta-patógeno.

La roya de la soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* constituye una de las enfermedades de mayor importancia económica en los países asiáticos (Sinclair and Hartman, 1999). La enfermedad fue detectada en Japón (Anónimo, 1983), en varios países de Asia continental, en Australia (Bromfield and Hartwig 1980), y en India (Sharma and Mehta, 1996). En el período 1996-2001, fue confirmada en diversos países de África (Javaid and Ashraf, 1978; Bromfield, 1980; Akinsanmi y col., 2001; Levy y col., 2002). Posteriormente, fue identificada en Hawaii (Killgore and Heu, 1994). El primer reporte de *P. pachyrhizi* en el continente americano fue en Paraguay (Morel, 2001), distribuyéndose luego en áreas de Brasil y Bolivia (Yorinori et al., 2002.a; 2002.b).

Antecedentes de *Phakopsora pachyrhizi* en Argentina - ciclo 03/04

En el mes de marzo de 2002, la "roya

asiática de la soja" originada por *Phakopsora pachyrhizi* fue detectada en la provincia de Misiones, noreste de Argentina, y comunicada por Rossi (2003). Considerando este antecedente y la expansión de la enfermedad en Brasil, Paraguay y Bolivia, se creó por resolución SAGPYA N° 538/2003 el Programa Nacional de Roya de la Soja, cuyos objetivos fueron:

a) Determinar oficialmente el estatus fitosanitario de la enfermedad en el país.

b) Oficializar la evolución espacio-temporal de la enfermedad en las zonas de producción sojera de la Argentina (Fuente: Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas - Sinavimo, 2004).

Durante el ciclo de cultivo 2003/04, la enfermedad fue confirmada molecularmente en provincias del noreste, norte y noroeste del país, como también en algunas áreas del centro y norte de la provincia de Santa Fe, principalmente a partir de Abril de 2004.

Presencia de *P. pachyrhizi* en la Provincia de Santa Fe- ciclo 03/04

En función del riesgo fitosanitario el Programa Nacional de Roya de la Soja definió dos zonas de prospección y toma de datos:

Zona I: abarca los departamentos del

norte y centro de la provincia de Santa Fe ubicados entre los 28 y 32 L. Sur. Esta zona fue considerada de mayor riesgo y los monitoreos a campo para detectar la enfermedad se realizaron semanalmente.

Zona II: los departamentos del sur de la provincia, ubicados entre 32° y 34° L. Sur, fueron considerados de menor riesgo y probabilidad de detectar la enfermedad. En esta zona, los monitoreos a campo se realizaron cada 15 días (SiNaViMo, 2004).

En la provincia de Santa Fe, como en otras regiones, la enfermedad fue observada en el estadio fenológico R7-R8 y, ocasionalmente en R6, aparentemente en respuesta a la evolución de las condiciones ambientales favorables para las infecciones efectivas del patógeno. La aparición en el final del ciclo de cultivo, aparentemente no ha ocasionado reducción del rendimiento ya que el área foliar infectada y la defoliación ocurrieron posteriormente al período crítico y llenado de vainas. El impacto de la enfermedad a nivel regional puede considerarse nulo, dada la escasa cantidad de lotes afectados (menos del 2% de la superficie), y la época de aparición coincidió con el final del ciclo de

cultivo (SiNaViMo, 2004).

No obstante, puede constituir un riesgo epidemiológico y potencialmente económico para las próximas campañas, considerando que el 90% de la producción del cultivo de soja se centraliza en la subregión pampeana norte comprendida entre los 30 y 36 grados de latitud sur, y el 40% del total de la producción del país corresponde a la Provincia de Santa Fe (IACO S.A.G.N, 2003).

La presencia de la Roya asiática fue verificada molecularmente en:

Abril 2004:
Reconquista, dpto. Gral. Obligado.
En R7.

Mayo 2004:
Calchaquí, dpto. Vera. En R8.
Lotes en el dpto. Las Colonias. En R8.
Lotes en el dpto. Castellanos. En R7.
Lotes en el dpto. San Justo. En R5.
Venado Tuerto, dpto. Gral. López. En R8.

Objetivos planteados por la Facultad de Ciencias Agrarias UNR

Objetivos planteados en el corto plazo:

- Aportar herramientas para realizar un correcto diagnóstico de la enfermedad.

- Difundir información de carácter epidemiológico de la enfermedad y pautas de monitoreo de las fuentes de inóculo (potenciales hospedantes alternativos y/o en rebrotes de soja) previamente al inicio del próximo ciclo de cultivo.

- Brindar la capacitación técnica necesaria para evaluar las estrategias de manejo disponibles y aplicarlas de manera racional y eficiente.

Objetivos planteados en el mediano y largo plazo:

- Evaluar técnicas de aplicación de productos fitosanitarios orientadas a eficientizar los resultados de las actuales alternativas de manejo de la enfermedad.

- Generar información básica capaz de ser aplicada en programas de mejoramiento genético.

Actividades en desarrollo en la Facultad de Ciencias Agrarias UNR orientadas a cubrir requerimientos en el corto plazo

Ing. Agr. Jorge Müller

Compra-venta de campos y Estancias. Santa Fe - Entre Ríos - Córdoba Tasaciones de inmuebles rurales

Corrientes 763 - 2° P Of. 10 - Rosario

Telefax: 0341-4408829 | Celular: 156-420243 | e-mail: jorge_muller@offired.com.ar

Desde hace dos años, docentes e investigadores de la FCA-UNR han desarrollado relevamientos regionales que permitieran la detección temprana de la enfermedad. Considerando los antecedentes descritos, en el ciclo de cultivo 2003/04, estos monitoreos de fueron ampliados hacia el norte y noroeste del país, en forma coordinada con investigadores de la FA-UBA y técnicos de la actividad privada. En el transcurso de este período se profundizaron actividades dirigidas a: i) la capacitación de profesionales sobre aspectos biológicos, monitoreo, diagnóstico y manejo de la enfermedad, y ii) a la difusión en medios masivos regionales para dar a conocer la magnitud del problema, su posible evolución y métodos de control. Se abordaron los siguientes aspectos:

Conceptos necesarios para la Detección y Diagnóstico de la Roya de la soja en condiciones de campo

- Las pústulas de *Phakopsora* se desarrollan principalmente en el envés de las hojas y la infección avanza desde el estrato inferior hacia el tercio superior del follaje.

- Los síntomas (respuestas visibles de la planta al patógeno) y los signos o pústulas (formas reproductivas del hongo *Phakopsora*) desarrollados por la roya de la soja, coexisten con los originados por otras enfermedades fúngicas y bacterianas. La diferenciación requiere de entrenamiento previo.

- La sintomatología producida por roya coexiste con otras lesiones foliares causadas por plagas frecuentes como los trips y araña. La.

- El síntoma más común causado por la roya de la soja son lesiones

poligonales de 2 a 5 mm. Las lesiones foliares pueden ser: i) tipo TAN (bronceadas) con abundante producción de uredios (pústulas) y urediniosporas; y ii) lesiones más pequeñas, tipo RB (red-brown, marrón rojizas) con menor desarrollo de fructificaciones (Miles y col., 2003; http://www.soybean_rust-australian).

- Sobre las lesiones se distribuyen los uredosoros/uredinios errumpentes, que cuando maduran liberan las urediniosporas a través de un ostiolo de bordes consistentes. La presencia de telios y teliosporas han sido reportadas en diversos reportes previos (Ono y col., 1992; http://www.soybean_rust-australian).

- La caracterización morfológica de ambas especies causales de roya, *P. pachyrhizi* y *P. meibomia*, se basó en diferencias entre los respectivos estadios anamórficos y teleomórficos, referidos a la distribución de telios en capas o estratos y al grosor de la pared de las teliosporas (Ono y col., 1992). La primer caracterización molecular de ambas especies de *Phakopsora* fue realizada por Frederick y col. (2001).

Características biológicas y epidemiológicas de la enfermedad

- La roya causada por *Phakopsora* es la única, en su tipo, con capacidad de penetración directa en la epidermis mediante una estructura especializada tipo apresorio (Koch & Hoppe, 1988).

- La inducción no específica de la formación de apresorios durante la penetración directa de las células epidérmicas (Koch & Hoppe, 1988) es uno de los factores que permite explicar el amplio rango de hospedantes de *P. pachyrhizi* y las posibles consecuencias en el

desarrollo de cultivares resistentes (Miles y col., 2003).

- Desde el punto de vista epidemiológico, las urediniosporas constituirían la única fuente de infección primaria y secundaria. Si bien, las teliosporas pueden germinar y producir basidiosporas generalmente vestigiales, el rol dentro del ciclo de la enfermedad aún no está definido (Ono et al., 1992; http://www.soybean_rust-australian).

Criterios de cuantificación de la enfermedad (Marchetti y col. 1976).

La incidencia en plantas y en hojas, y la severidad promedio fue estimada sobre los folíolos centrales de plantas tomadas al azar. Se marcaron 4 áreas de 0,5 cm de lado en los folíolos evaluados (total 1 cm² / folíolo). Se determinó bajo lupa de 40x, el n° de lesiones / cm², el n° de uredios (pústulas) / cm² y el n° de uredios / lesión en la cara abaxial de los folíolos. Se realizaron cortes transversales de estas lesiones para caracterizar micro-morfológicamente a los uredios y la medición de urediosporas.

Resultados obtenidos en Sta. Fe

a) Facultad de Ciencias Agrarias - UNR en colaboración con R. Wright y F. Echeverría (Refs.: sitios internet FCA-UNR; agrositios; Difusión escrita nacional y regional)

Se realizó el monitoreo de lotes ubicados en departamentos del sur y centro de la pcia. de Santa Fe. El diagnóstico de campo fue positivo en lotes de un cv. de grupo de maduración VIII ampliamente difundido en la zona, ubicados en el Departamento San Justo, Pcia. de Santa Fe (30-31° Lat. S). El agente causal *P. pachyrhizi* fue caracterizado morfológicamente y su identidad

verificada molecularmente por Guillín (28/05/2004 INTA Cast., Prog. Nac. Roya de la Soja).

Los síntomas y signos típicos (lesiones y pústulas) producidos por *P. pachyrhizi* coexistieron sobre las hojas con los correspondientes a: mancha marrón (*Septoria glycines*), mildew (*Peronospora manshurica*), antracnosis (*Colletotrichum truncatum*) y atizomamiento foliar (por *Cercospora kikuchii*), y bacteriosis (*Pseudomonas* y *Xanthomonas*).

La incidencia en plantas fue del 100% y la incidencia en hojas varió entre 60 y 100%. La severidad promedio (incluyendo clorosis) causada por la enfermedad, evaluada en el tercio inferior mostró valores de: 14,8% 25,6% y 50,3%.

El número promedio de áreas uredosóricas por cm² en la cara inferior de los folíolos osciló entre: 177 y 327. El número de pústulas o urediosoros maduros por lesión osciló de 1 a 6. El tamaño promedio de urediosporas (n = 60) fue: 23,3 m de largo y 16,6 m de ancho correspondieron a *P. pachyrhizi* (refs.: http://www.soybean_rust-australian; Ono y col., 1992).

Se observó además el desarrollo de uredios sobre los pecíolos foliares de plantas infectadas. En algunas hojas infectadas, se observaron lesiones de coloración y textura diferentes, ubicadas de manera adyacente a las áreas ocupadas por los urediosoros. Estas lesiones fueron descritas mediante cortes y tinciones histopatológicas como telios compuestos por 3-4 capas superpuestas de teliosporas (Yeh y col. 1981, Ono y col., 1992) (en colaboración con la Dra. S. López).

El desarrollo de una generación de *P. pachyrhizi* sobre plántulas de soja de

rebrote (incidencia en hoja = 25%, y 1-2 lesiones / folíolo) representa un foco de inóculo potencial de importancia epidemiológica, capaz de asegurar la continuidad del ciclo del patógeno si no es interrumpido por heladas o realización de barbechos químicos.

La observación de uredios (pústulas) sobre láminas y pecíolos foliares, y telios, correspondientes al estadio II y III del ciclo del hongo, respectivamente (http://www.soybean_rust-australian) han permitido comprobar el desarrollo de ciertas fases biológicas en el ciclo del patógeno en las condiciones agro-climáticas de Santa Fe.

b) Aportados por RiiA y Facultad de Agronomía - UN Litoral

Relevaron 52 lotes distribuidos en la región central de la provincia de la provincia de Santa Fe (Deptos Vera, San Cristóbal, San Justo, Las Colonias, La Capital), incluidos en la zona I. La información obtenida fue difundida por el Programa Nacional de Roya de la Soja, a través del Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas (SINAVIMO).

A partir de la recolección de muestras del 19 de abril se detectaron las primeras muestras enfermas, en lotes de Col. Silva, Villa Trinidad y San Justo. Desde fin de abril y en semanas sucesivas se fueron detectando lotes con la enfermedad hasta la región más sur de RiiA (Franck), confirmando la presencia de Roya de la Soja en toda la región. El 28 de mayo se recibió la confirmación (análisis molecular del INTA Castelar) de que la enfermedad observada correspondía a la Roya Asiática de la Soja (*Phakopsora pachyrhizi*).

No se observaron diferencias de comportamiento entre cultivares por lo que todos los genotipos evaluados presentaron incidencia de roya aunque, por aparecer la enfermedad en fecha tardía, la gran mayoría de cultivares afectados fueron de GM VII, VIII y IX, con un lote GM III.

Se observaron, sin embargo, diferencias en el grado de área foliar infectada. Siendo los lotes de la región de Villa Trinidad (zona Oeste) los que mostraron mayores valores y tasa de incremento de severidad. En coincidencia con lo informado localmente por la FCA-UNR y trabajos previos de Brasil (Yorinori, 2004), se observaron plantas con presencia de la enfermedad en el rebrote de los GM más cortos (V y VI), en estados fenológicos vegetativos (V3, V5), indicando que si existe el patógeno y las condiciones ambientales son propicias, la enfermedad se manifiesta en cualquier estado de desarrollo y en cualquier GM.

En los ensayos exploratorios realizados con aplicación de fungicida, no se observaron diferencias visuales entre las parcelas tratadas con las no tratadas. En general puede inferirse que el daño provocado por roya en la

A) La infección avanza desde las hojas basales hacia el estrato superior.
B) Hojas basales mostrando los síntomas de la roya de la hoja



presente campaña, a nivel de lote, fue de nulo o escaso impacto.

Caracterización de las condiciones micro y macroambientales relacionadas con la presencia de Roya de la soja en Santa Fe, en colaboración con la cátedra de Climatología Agrícola. FCA - UNR

Los requerimientos de temperatura-horas de mojado foliar óptimos para infecciones de roya de la soja son de 10 a 12 horas de agua libre combinados con temperaturas entre 8-28°C y 15-28°C (Sinclair, 1999; Miles y col., 2003; Hartman y col., 2004). Marchetti y col. (1976), informaron que una infección exitosa requiere un período mínimo de 6 hs. de mojado foliar a 20-25°C y 8-10 hs de mojado foliar con 15-17.5 °C. Las máximas infecciones ocurrieron con combinaciones de 10-12hs. de mojado foliar con 20-25 °C y/o 16-18 mojado foliar con 15-17 °C.

De acuerdo con la información comunicada por el Sinavimo y Prog. Nac. de Roya de la soja y el Riña, los signos de la enfermedad pudieron ser visualizados en Santa Fe, 18 días luego de las lluvias de fin de marzo, combinado con un período de alta humedad ambiental (> 90% HR) y un mayor período de mojado de las hojas.

Esto permite formular algunas preguntas: i) Durante todo el ciclo de cultivo, ¿qué combinaciones de temperatura-mojado foliar se registraron en las distintas áreas de la provincia, y durante cuánto tiempo?, ii) ¿la aparición tardía responde a que las condiciones ambientales no fueron favorables para la germinación de urediosporas y posterior infección, aún con disponibilidad de inóculo? ó iii) ¿el proceso de infección en la región, aún con condiciones ambientales favorables,

estuvo condicionado por el traslado de esporos según la dirección e intensidad de los vientos?

Por ello, resultará de interés conocer cuáles variables agro-climáticas podrían explicar la dinámica temporal y espacial de la enfermedad en la provincia de Santa Fe, durante este ciclo 2003/2004, a fin de realizar monitoreos tendientes a la detección temprana de la enfermedad en el próximo ciclo de cultivo, principalmente en aquellas zonas donde aún no fue registrada.

Actualmente, en a FCA-UNR se están analizando comparativamente los registros climáticos disponibles en aquellas áreas con y sin presencia de *Phakopsora pachyrhizi*. Las variables utilizadas son: los vientos predominantes durante el período (dirección e intensidad) potenciales portadores del inóculo primario, humedad relativa, amplitud en humedad, temperaturas mínima, media y máxima, amplitud térmica, horas de rocío o follaje mojado, precipitaciones.

Actividades en desarrollo en la Facultad de Ciencias Agrarias - UNR orientadas a cubrir requerimientos en el mediano y largo plazo

- Identificación morfológica y molecular del agente causal de la enfermedad.
- Incorporación rápida de genes de resistencia a *P. pachyrhizi*, en genotipos de soja, utilizando el método de avance generacional acelerado.
- Identificación de marcadores moleculares de polimorfismo del ADN ligados a genes mayores de resistencia a la roya de la soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi*.

- Establecimiento de un laboratorio de referencia fitopatológica y molecular de apoyo a la investigación básica y para facilitar el monitoreo de la enfermedad en parcelas de alerta, y/o en lotes de producción.

- Desarrollo de métodos de evaluación de la eficiencia del control químico de la enfermedad.

Perspectivas futuras de la FCA-UNR

A fin de comprender la dinámica de la enfermedad y decidir la aplicación racional y efectiva de estrategias de manejo de la enfermedad, la FCA-UNR sumará esfuerzos para profundizar estudios locales relacionados con:

- La biología del patógeno (ciclo biológico, n° de ciclos infectivos regionales)
- Aspectos epidemiológicos de la enfermedad (hospedantes alternativos presentes en la región, dinámica de la enfermedad)
- Caracterización del ambiente favorable a la enfermedad (elaborar informes meteorológicos de aplicación predictiva)
- Caracterización de la reacción de los genotipos de soja disponibles en Argentina.
- Evaluación y aplicación de estrategias de manejo de la enfermedad relacionadas con:

Productos químicos: por ser el recurso disponible en el corto plazo, exige la evaluación de los momentos y formas de aplicación más apropiadas.

Recursos Genéticos: existen antecedentes de resistencia específica

en soja frente a *P. pachyrhizi*, basada en 4 genes (Rpp1, Rpp2, Rpp3, y Rpp4 (Sinclair, 1999), pero de durabilidad limitada debido a la variabilidad genética del patógeno. Otros trabajos informan sobre la existencia de resistencia parcial y sus limitantes (Wang & Hartman, 1992); la perspectiva que ofrece la selección de genotipos tolerantes a la enfermedad (Hartman, 1995), y la posibilidad de uso combinado de genotipos tolerantes y/o con resistencia parcial con aplicación de funguicidas, orientado a minimizar el daño causado por la enfermedad (Hartman y col., 1991).

Estrategias culturales regionales que permitan disminuir: las fuentes de inóculo (rotaciones, control de rebrotes de soja y hospedantes alternativos) y el tiempo de exposición del cultivo frente al patógeno (manejo de fechas de siembra y grupos de madurez de cultivares).

Próximamente, el actual equipo de trabajo incorporará a los auxiliares alumnos y estudiantes de FCA-UNR en las actividades de capacitación para detección y diagnóstico temprano de la enfermedad a nivel regional. Las actividades desarrolladas y la información aportada tienden a cumplir los objetivos planteados.

Actividades InterInstitucionales Proyectadas

La problemática de la roya de la soja a nivel provincial constituye una amplia tarea que exige la instrumentación de una articulación interinstitucional cooperativa. La FCA-UNR y la EEA INTA OLIVEROS están analizando la posibilidad de articular e implementar actividades conjuntas orientadas a generar y difundir la información que contribuya de manera eficiente a un proyecto regional sobre la Roya Asiática de la Soja.

Finalidad

Contribuir al desarrollo de una red de comunicación sobre la roya asiática de la soja que permita un diagnóstico oportuno y su difusión en tiempo y forma facilitando la aplicación de estrategias racionales de manejo para minimizar el impacto de la enfermedad en la provincia de Santa Fe.

Objetivos

- Capacitar a profesionales y productores sobre aspectos biológicos, monitoreo, diagnóstico y manejo de la enfermedad.

- Organizar una campaña de difusión por medios masivos para dar a conocer la magnitud del problema, su evolución y métodos de control.

- Desarrollar actividades de investigación que permitan la generación de información local para el manejo de la enfermedad.

- Instrumentar y participar en un sistema de alerta de roya de la soja para la detección temprana de la enfermedad.

Estas acciones permitirán ajustar las estrategias de manejo de la Roya de la soja a las características propias de nuestro agroecosistema, favoreciendo el control eficaz, racional y sustentable de esta enfermedad.

Referencias:

<http://www.fcagr.unr.edu.ar/extensio n/agrom13/agrom13.htm#5>. Esta información será actualizada periódicamente en nuestra pagina web.



EL GUAYABO S.R.L.

AGROQUIMICOS Y SEMILLAS

AV. COLON 126 - TE / FAX: 03467-460773
2185 SAN JOSE DE LA ESQUINA - SANTA FE